©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Hochgebirgs-Kleingewässer im Arlberggebiet II

Von Friederike Wawrik, Scheibbs, N.-Ö.

(Aus der Biologischen Station Lunz a. S.)

Mit 3 Textabbildungen und 2 Tafeln

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. April 1955)

Im Sommer 1952 wurde eine limnologische Untersuchung der Hochgebirgs-Kleingewässer des Arlberggebietes in Angriff genommen. Eine Subvention der Österreichischen Akademie der Wissenschaften erleichterte ihre Fortführung im Sommer 1954. Es sei mir gestattet, hierfür meinen wärmsten Dank zum Ausdruck zu bringen.

I. Wetter-, Temperatur- und hydrographische Beobachtungen.

Die Witterungsverhältnisse des Sommers 1954 waren eigenartig genug, um hier vermerkt zu werden. Bei der Ankunft in St. Anton am Arlberg (1306 m ü. d. M.), am 9. Juli 1954, regnete es bei Temperaturen um 4° C. Auf der Paßhöhe (1800 m) zeigte das Thermometer —2° C. Es schneite auf eine geschlossene Schneedecke, die in der vorangegangenen Nacht auf 50 cm angewachsen war. Das Almvieh war eingestallt und mußte vom Tal herauf mit Futter versorgt werden. Indes aus dem Donauland die Meldungen von katastrophalen Überschwemmungen eintrafen, zeigte sich die Hochgebirgswelt des Arlbergs im Winterkleid. Am 11. Juli setzten Temperaturanstieg und Schneeschmelze ein. Am 15. Juli erlaubten die Witterungs- und Schneeverhältnisse erstmalig eine Exkursion in das Gebiet des Albona-Passes. In den nachfolgenden Tagen verlagerte sich die Schneegrenze rasch nach 2200 m Seehöhe. Der Hochgebirgsfrühling, der unter dem Schnee begraben gewesen war, leuchtete in wundersamer Schönheit. *Rhododendron ferrugineum* in voller Blüte deckte weithin die Alpenmatten, dazwischen

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

blaue Nester von *Gentiana Kochiana* und, wo das Erdreich feucht und locker lag, violette Rasen von *Soldanella minima*. Überall stäubte *Pinus montana*. Als mein Aufenthalt in St. Christof mit Ende des Monates abschloß, lagen die Luft- und Wassertemperaturen des Gebietes bei 20° C. Es konnten somit im Laufe dreier Juliwochen winterliche, frühlingsmäßige und sommerliche Verhältnisse im Arlberggebiet beobachtet werden.

Wie aus der geologischen Karte des Arlberggebietes (siehe Wawrik 1954, Abb. 1) und beigegebener stark überhöhter Skizze (Abb. 1) ersichtlich ist, entwickelt sich der Christofbach aus einem westlichen und östlichen Quellbach. Ersterer entspringt hart an der Albona-Paßhöhe (etwa 2000 m ü. d. M.), am Fuße des Peischelkopfes (2414 m), am Rande zweier mächtiger Blockmoränen der Schlußvereisung. Er ist der Abfluß des Albonapaß-Sees. Dies ist ein Kleinsee, der seine Entstehung einem mächtigen Grundwasseraufstoß verdankt. In der geologischen Skizze des Arlberggebietes sind im hinteren Albon drei kleine Gewässer mit den Nummern 1, 2, 3 verzeichnet. Sie wurden im Herbst 1953 tatsächlich vorgefunden. Es lag jedoch die Vermutung nahe, daß sie zur Zeit der Schneeschmelze einem einzigen Seebecken angehören. An keinem der drei Tümpelgewässer wurde damals ein oberirdischer Abfluß festgestellt. Es schien aber wahrscheinlich, daß ein unterirdischer Abfluß als kleiner Gebirgsbach in seinem Verlauf den Albona-Bachsee erreicht und diesen zur Rosanna entwässert. Sämtliche Vermutungen bestätigten sich bei einem Besuch des Gebietes im Juli 1954. Ein einziger Kleinsee von 120 × 80 m Oberflächenareal erfüllte die Paßenge. Das schattige Südufer säumte noch ein breiter Streifen von Schnee-Eis. Der Wasserspiegel lag klar und wunderbar blau in dem düsteren Urgebirgsrahmen. Unregelmäßige Ablagerungen durchlässigen Bergsturzmaterials bilden hier eine Bodenmulde, deren Grundkote tiefer liegt als der Grundwasserhorizont. Die Niederschlagssickerwasser stoßen am Rande der Blockmoräne auf. Der See ist maximal zwei Meter tief. Seine Wasserfarbe nach der Forel-Uhle-Skala zu beurteilen, scheint unmöglich; annähernd mögen Stufe 3/5 entsprechen. Nach Hug (1948) beobachtet man diese „blauen Augen der Landschaft" in den Alpen bis in 3000 m Seehöhe. Derselbe Autor bezeichnet glaziale und fluvioglaziale Schotter als die wichtigsten Träger produktiver Grundwasserführung (vgl. auch Wawrik 1953: Grundwasserstudie).

Nach der Schneeschmelze hat der Albonapaß-See einen oberirdischen Abfluß. Sein Lauf beträgt nur wenige Meter, dann versiegt er im Almboden. Er nimmt seinen Weg teilweise unterirdisch

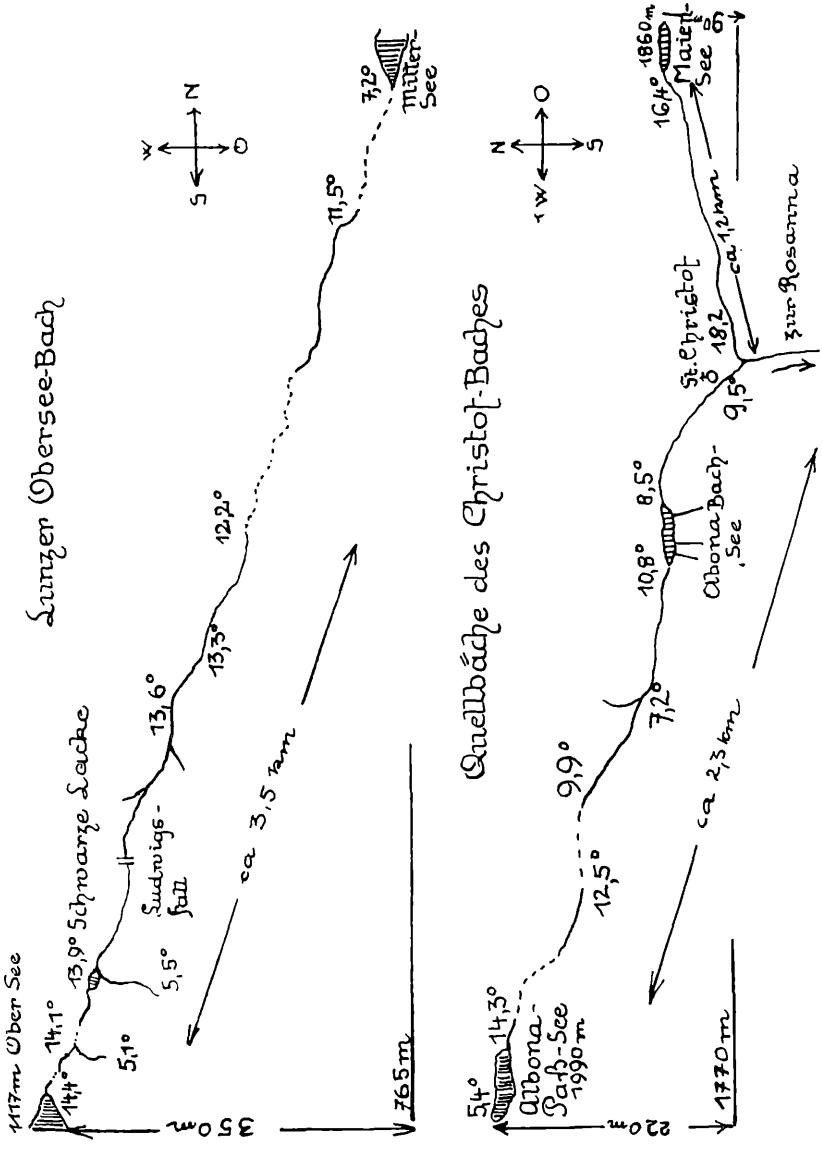

Abb. 1. Profilskizze zu den Temperaturmessungen an Gebirgsbächen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

im Moränenschotter, dem nach Hug (1948) eine Durchlässigkeit bis zu 25% zukommt. Der Bach überwindet zwei Hangstufen, durchzieht in weitem Bogen das Vordere Albon, durchströmt den Albona-Bachsee und stürmt als rauschendes Wildwasser die dritte Hangstufe zur Arlbergfurche hinab. Nächst der Bundesstraße vereinigt er sich mit dem östlichen Quellbach, dem Abfluß des Maiensees.

Der Maiensee, 1860 m ü. d. M., besitzt heute mit 80 × 35 m nur ein Sechstel jenes Areals, mit dem er in alten Karten verzeichnet ist. Nach Mitteilungen Einheimischer befürchtete man zu Beginn der Arbeiten am Arlbergtunnel (1883) eventuelle Komplikationen durch den Maiensee. Man öffnete damals einen künstlichen Ausrinn gegen die Kuhalm. Gleichzeitig baute man den Fahrweg längs des Sees bis zum Dynamitwerk, wo Sprengstoff für den Tunnelbau erzeugt worden ist. Von dieser Anlage finden sich nur mehr wenige Mauerreste. Gegenwärtig denkt man daran, die früheren Verhältnisse wieder herzustellen. Der künstliche Ausrinn wird abgemauert werden. Dann sollen sich die Niederschlagswasser, die von den moorigen Hängen dem Maiensee zufließen, im ehemaligen Seebecken sammeln.

Am 22. Juli 1954 wurden Temperaturmessungen an beiden Quellbächen des Christofbaches durchgeführt. Um 10 Uhr vormittags betrug bei mäßigem Westwind und halbbedecktem Himmel die Lufttemperatur auf der Albona-Paßhöhe (2000 m) 16,2° C. Das Grundwasser zeigte an der Oberfläche am Ort des Aufstoßes (Einrinn des Albonapaß-Sees) 5,4° C. Die Sonneneinstrahlung verursachte auf einer Oberfläche von etwa 120 × 80 m — es handelt sich am Westufer vorwiegend um seicht überfluteten Almboden — ein kräftige Erwärmung: Oberflächentemperatur am Ausrinn 14,3° C! Auf streckenweise unterirdischem Weg durch Moränenschotter sinkt die Temperatur des Abflusses auf 9,9° C. Ein Zufluß von 6° C verursacht eine weitere Wärmeabnahme auf 7,2° C. Mit dieser Temperatur erreicht der Quellbach nach Überwindung der zweiten Hangstufe den sonnigen Almboden des vorderen Albonagebietes, das er in weitem Bogen durchzieht. Die Sonneneinstrahlung bewirkt eine Erwärmung auf 10,8° C. Diese Temperatur zeigte das Thermometer im Einrinn des Albona-Bachsees. Hier wird die abkühlende Wirkung dreier Quellen vom Steilhang des Wirt, die in den See fließen, beobachtet: am Ausrinn zeigte die Wasseroberfläche 8,3° C. Bei seinem Weg über die dritte Hangstufe erwärmt sich der Bach auf 9,6° C und erreicht mit dieser Temperatur die Arlbergfurche nächst St. Christof. Hier nimmt er den von Westen kommenden Abfluß des Maiensees auf. Es war indessen 12.30 Uhr

geworden; die Lufttemperatur stieg bei heiterem Himmel auf 21,2° C. Die Wassertemperatur am Ausrinn des Maiensees lag bei 16,4° C. Auf dem Weg zur Bundesstraße erwärmte sich der Bach um 1,8° C und zeigte vor dem Zusammenfluß mit dem östlichen Quellbach 18,2° C. Mit einer Temperatur von 14,4° C nahm der Christofbach nun seinen Weg südwärts zur Rosanna.

Vergleichsweise seien Temperaturmessungen[1] am Lunzer Seebach zwischen Ober- und Mittersee (untere Waldregion) mitgeteilt. Am 7. Juni 1954 betrug die Temperatur am Ausrinn des Obersees (1117 m ü. d. M.) 14,4° C und unterschied sich damit kaum von jener des Albonapaß-See-Abflusses. In der Folge versickert der Seebach auf drei kurzen Teilstrecken im klüftigen Kalkgestein (Karstphänomen). Die Temperaturabnahme beträgt insgesamt 0,5° C. Zuflüsse und die Wasserbewegung des Ludwigfalles senken die Temperatur des Seebaches von 13,9° C auf 12,2° C. Die beiden Bachschwinden des Seebaches im Talschotter auf dem Wege zum Mittersee verursachen die beträchtliche Wärmeeinbuße von 5,0° C. Der Grundwasseraufstoß im Mittersee (766 m ü. d. M.) zeigt 7,2° C. Der Seebach nimmt seinen Lauf durch ein tiefeingeschnittenes, schattiges Hochtal und verzeichnet keine Wärmeeinstrahlung. Den Christofbach dagegen begleitet kein hochstämmiger Baumwuchs, lediglich an der letzten Hangstufe wurzeln Grünerlen. Für die hochalpine Region ist kräftige Insolation kennzeichnend. Sonnen- und Himmelsstrahlung und langwellige Strahlung der Atmosphäre werden stärker wirksam als in der Waldregion. Eckel berichtet (1953), daß Flußtemperaturen in der wärmeren Jahreshälfte mit der Entfernung vom Ursprung zunehmen. Normalerweise dürfte diese Feststellung auch für Quellbäche und insbesondere für Quellbäche des Hochgebirges gelten. Obige Beobachtungen zeigen, daß in Ausnahmefällen (Bachschwinden, Einmündung kalter Gerinne — auch unterirdisch fließender) beachtliche Temperaturabnahmen möglich sind.

In welch hohem Ausmaß Strahlungsbilanz und Wasserführung die Thermik der Fließgewässer der hochalpinen Region bestimmen, veranschaulichen nachfolgende Temperaturserien. Sie wurden im Abfluß des Maiensees, also im östlichen Quellbach des Christofbaches, nächst dem Bundes-Sportheim gemessen. Das Gerinne hat an dieser Stelle eine durchschnittliche Breite von 75 cm. Seehöhe 1770 m.

[1] Die Temperaturbeobachtungen am Seebach hat der Chemiker der Biologischen Station Lunz a. S., Herr Dr. F. Berger, in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

12. Juli 1954: Hochwasser; Tiefe 20—22 cm; 300 sec/Liter; 2 sec/m.

8h	1/2	bedeckt	Westwind	Luft	8,2°	Wasser 3,1°	Schmelzwasser
10h	1/2				11,9°	4,9°	
12h	3/4				13,6°	4,2°	
14h					13,1°	2,6°	
16h	1/2				14,2°	3,9°	
18h					9,6°	3,1°	
20h	1/2		„		7,8°	3,0°	

Daraus ergibt sich bei durchschnittlich drei Viertel bedecktem Himmel eine mittlere Tagestemperatur der Luft von 11,2°C und des Wassers von 3,5°C; Amplitude der Wassertemperaturen 2,2°C.

13. Juli 1954: Mittelwasser; Tiefe 10—12 cm; 130 sec/Liter.

8h	bedeckt	Westwind	Luft	7,6°	Wasser 4,1°	Teilweise Schmelzwasser
10h				7,8°	4,1°	
12h				7,9°	4,5°	
14h				6,4°	5,1°	
16h				6,0°	4,9°	
18h				6,0°	4,5°	
20h	„	„	„	5,2°	4,2°	

Daraus ergibt sich bei durchaus bedecktem Himmel eine mittlere Tagestemperatur der Luft von 6,7°C und des Wassers von 4,6°C; Amplitude der Wassertemperaturen 1,0.

21. Juli 1954: Niederwasser; Tiefe 5—6 cm; 60 sec/Liter; 1,5 sec/m.
Nach klarer Nacht, Reif.

6h	heiter	windstill	Luft	2,1°	Wasser 4,3°
8h		„		12,2°	6,8°
10h		Nordwestwind		16,2°	10,8°
12h	„			18,3°	14,9°
14h	1/4	bedeckt		18,2°	16,1°
16h	heiter			16,8°	17,8°
18h	„	„		16,4°	16,2°
20h	1/4	bedeckt windstill		12,9°	13,5°

Daraus ergibt sich bei nahezu heiterem Himmel eine mittlere Tagestemperatur der Luft von 14,1°C und des Wassers von 12,5°C; Amplitude der Wassertemperaturen 13,5°C.

22. Juli 1954: Niederwasser; Tiefe 5—6 cm; 60 sec/Liter.

6h	1/2	bedeckt	windstill	Luft	10,5°	Wasser 8,6°	
8h	1/2		Nordwestwind	„	14,5°	„ 9,5°	keine Beobachtung
10h	1/4		—	—	—	— —	
12h	1/2		Nordwestwind	Luft	21,2°	Wasser 17,5°	
14h	3/4				16,2°	16,5°	
16h	3/4				14,2°	16,4°	
18h			„		13,2°	14,1°	
20h		„	windstill		12,5°	„ 12,6°	Regen

Daraus ergibt sich bei durchschnittlich halbbedecktem Himmel eine mittlere Tagestemperatur der Luft von 14,6°C und des Wassers von 13,6°C; Amplitude der Wassertemperaturen 8,9°C.

Vergleichsweise seien Temperaturbeobachtungen an Fließgewässern von G. Pleskot (1951) angeführt.

Nichtbeschattete Quellbäche der Herrenalm, Dürrensteingebiet, nied.-österr. Kalkalpen in 1300 m Seehöhe: Quelltemperaturen zwischen 3°—5° C, Sommermaxima der Bachtemperaturen bei 10 bis 14° C.

Wenigbeschattete Voralpenlandbäche im Gebiet von Lunz, Kalkstein, Seehöhe 600—700 m: mittlere Sommertemperaturen 15—17° C.

E. Pomeisl (1953) beobachtete an zwei starkbeschatteten Wienerwaldquellbächen hochsommerliche Wassertemperaturen zwischen 12—14° C und Tagesamplituden von nur 1,0—1,5° C! Die Gerinne lagen im Flysch in 300—400 m Seehöhe.

Schon dieses geringfügige Vergleichsmaterial zeigt, welch ausschlaggebende Bedeutung in der Thermik der Fließgewässer der Horizontalgestaltung zukommt, worauf auch Eckel (1953) hinweist.

II. Der Albonapaß-See.

Eine schwache Wegstunde westlich von St. Christof, hart an der östlichen Seite der Albona-Paßhöhe, etwa 2000 m ü. d. M., liegen in einem chaotischen Felsrahmen drei kleine Wasseransammlungen. Zur Zeit der Schneeschmelze scheinen sie einem einzigen Seebecken anzugehören. Keine oberirdischen Zu- oder Abflüsse.

Erste orientierende Beobachtung: 7. IX. 1953, 14 Uhr:

Bei schwachem Westwind und heiterem Himmel beträgt die Lufttemperatur nach anhaltender Schönwetterlage 17,8° C. Das westlichste Wasserbecken mit einem Areal 60 × 45 m ist maximal 1,8 m tief. Über felsigem Grund steht das Wasser wunderbar blau und klar wie ein Kristall. Offenbar tritt hier infolge des Fehlens von Humusstoffen die Eigenfarbe des Wassers in Erscheinung. Es ist bemerkenswert, im Urgestein ein Klarwasserbecken von so auffallend blauer Farbe anzutreffen. Beobachtungsergebnisse: p_H 8 und schwache Pufferung bei SBV 0,2; Leitfähigkeit $K_{18}\,10^{-4}$. 0,34; SiO_2 3,6 mg/l; Gesamteisennachweis negativ. Oberflächentemperatur 14,1° C. Netzfang leer. Im Zentrifugenmaterial vereinzelte Diatomeenschalen.

Die östlich benachbarte Wasseransammlung hatte ein Areal von 15 × 20 m. An den umliegenden Urgesteinsblöcken sah man deutlich die Grenzspur des Hochwasserstandes. Demnach war die Wasseransammlung auf weniger als die Hälfte ihres Areales ausgetrocknet. Über hellem lehmartigem Grund stand das klare

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wasser maximal 40 cm hoch. In der Oberfläche und über Grund betrug die Temperatur 21,1° C! SBV 0,15; p_H 7,6; Leitfähigkeit K_{18} 10^{-4} . 0,33; SiO_2 3,6 mg/l. Der Chemismus beider Gewässer war somit nur geringfügig verschieden und rechtfertigte die Annahme, daß sie als Reste eines einzigen Wasserbeckens aufzufassen sind. Über Grund dichte Spirogyrawatten. Im Netzfang *Keratella quadrata forma regalis* Imhof. Sie tritt hier wieder als Tümpelform in Erscheinung. Als solche wurde sie schon in den Keßel-Almtümpeln festgestellt (Wawrik 1954). Im Zentrifugenmaterial neben zahlreichen Spirogyrafäden massenhaft *Chlorella* sp. und vereinzelte Cosmarien. Am Rande des Tümpels mehrere Kaulquappen in lebhafter Bewegung.

Die Beobachtungsergebnisse des Monates Juli 1954 wurden teilweise im Abschnitt I vorweggenommen. Die spätwinterliche Schneelage und die Schmelzwässer vom Peischelkopf beeinflußten andauernd den Wärmehaushalt des Albonapaß-Sees. Bis Mitte Juli lagen die Oberflächentemperaturen zwischen 2—3° C. Später erwärmte sich das Wasser gegen den Ausrinn rasch auf 14—15° C. Er ergab sich, daß bei allen Temperaturbeobachtungen an Hochgebirgsgewässern die Kenntnis der vorangegangenen Wetterlage von ausschlaggebender Bedeutung ist. Nur in Verbindung mit ihr können die beobachteten Meßwerte richtig verstanden und gewertet werden.

Die p_H-Werte im Albonapaß-See lagen im Juli 1954 nahe über dem Neutralpunkt. SBV 0,09 ccm; Leitfähigkeit K_{18} 10^{-4}. 0,25; SiO_2 1,8 mg/l. Im Zentrifugenmaterial neben *Meridion circulare* vereinzelte Kolonien von *Synura* sp. Der Netzfang blieb leer.

III. Der Albonapaß-Tümpel.

Ein niederer Moränenwall, der gleichzeitig die Paßhöhe markiert, trennt den Paßsee vom Paßtümpel. Dieser liegt jenseits der Albona-Wasserscheide, hart am westlichen Hang, in einer flachen Almmulde auf einer Seehöhe von 1980 m. Sein Areal betrug nach der Schneeschmelze etwa 80 × 50 m. Der Tümpel führt Braunwasser. Es steht 50—100 cm über schlammig-dyartigem Grund. Mehr als die Hälfte des Gewässers ist mit Carex und Binsen bestanden. Der Ufersaum dieses wahrscheinlich perennierenden Tümpels gliedert sich in flache Buchten. Im westlichsten Teil erhebt sich eine kleine Insel über den Wasserspiegel. Es besteht kein oberirdischer Zu- oder Abfluß. In der Umgebung stehen Moränenschotter der Schlußvereisung an. Dürftiger Almboden grünt

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fig. 1. Albonapaß-See (2000 m) gegen die Lechtaler Alpen. Juli 1954.
Aufnahme: Die Verfasserin.

Fig. 2. Albonapaß-See (2000 m) gegen den Ausrinn. Juli 1954.
Aufnahme: Die Verfasserin.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

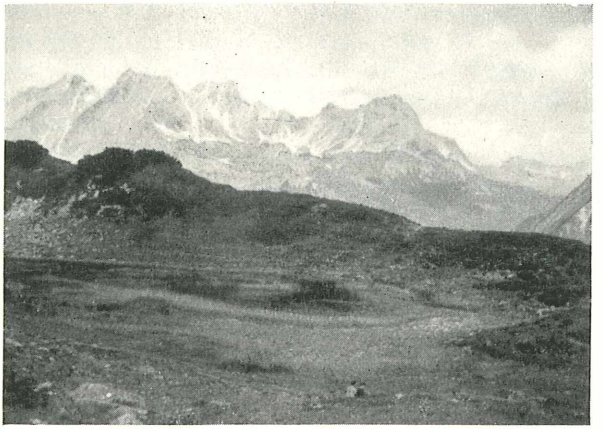

Fig. 1. Albonapaß-Tümpel (2000 m) gegen die Lechtaler Alpen. Juli 1954. Aufnahme: Die Verfasserin.

Fig. 2. Vegetationsfärbung durch Eisenmikroben. Keßel-Almtümpel (2140 m). Juli 1954. Aufnahme: Die Verfasserin.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

zwischen truppweisen Beständen von *Pinus montana*. Weithin im Norden ragen die hellen Wände der Lechtaler Alpen.

Die erste limnologische Beobachtung des Paßtümpels liegt bald 20 Jahre zurück. Pesta (1937) veröffentlichte darüber folgendes Ergebnis:

20. VIII. 1936, 12—15 Uhr: Luft- und Wassertemperatur 16° C, SBV 0,5 ccm; D.H. 1,04° C; p_H 4,5. Ausbeute: Odonaten-, Ephemeriden- und Corixalarven. *Heterocope saliens, Cyclops vernalis*; *Simocephalus vetulus, Streblocerus serricaudatus, Daphnia longispina longispina f. litoralis, Alona affinis, Chydorus sphaericus*; massenhaft Desmidiaceen.

Daran schließen sich nun Beobachtungen vom Sommer 1954. 15. VII., 11 Uhr: Nach spätwinterlichem Schneewetter bedeckt, Riesel. Luft 5,6° C, Wasseroberfläche 4,0° C; p_H 5,5; SBV 0,0.

18. VII., 15 Uhr: Nach Wetterberuhigung drei Viertel bewölkt, Luft 10,7° C, Wasseroberfläche 13.8° C!

22. VII., 11 Uhr: Nach anhaltender Wetterbesserung ein Viertel bewölkt, Luft 17° C, freies Oberflächenwasser 17,6° C, in 10 cm Tiefe 16.5° C, zwischen dichtem Carexbestand 21.1° C! SBV 0,06; p_H 5,0; Leitfähigkeit $0{,}09 \cdot 10^{-4}$ reziproke Ohm/ccm; Gesamteisen 0,11 mg/l· SiO_2 0,7 mg/l.

Auffallend ist wieder der überaus steile Anstieg der Oberflächentemperaturen innerhalb einer Woche — nach spätwinterlichen Wetterverhältnissen — von 4,0° C auf 21,1° C! Und er stellt für das Gewässer nicht einmal die reine Wärmeeinnahme dar. Ein Gutteil der eingestrahlten Energie wird ja als Verdunstungswärme und Reflexstrahlung umgesetzt.

In der Seebachlacke, einem seichten Kleingewässer im niederösterreichischen Alpenvorland, 366 m ü. d. M., dauerte vergleichsweise der Frühjahrs-Temperaturanstieg von 0.7° C unter Eis (3. IV 1944, nach strengem Spätwinter) bis auf 17,1° C (25. V.) länger als 7 Wochen. Nach Weimann (1933) und Wawrik (1955) fällt der steilste Temperaturanstieg des Jahres in Kleingewässern in die Zeit nach der Schneeschmelze. In eine Zeit also, zu welcher von der Frühlings-Tagundnachtgleiche bis zur Sommersonnenwende Licht und Wärme stetig zunehmen. Es vollzieht sich daher der Temperaturanstieg in den Gewässern der Niederung bei verhältnismäßig niedrigerem Sonnenstand und kürzerer Sonnenscheindauer. Den plötzlichen steilen Temperaturanstieg, wie ihn Kleingewässer des Hochgebirges nach der Schneeschmelze aufzuweisen haben, verursacht die Sonnenkraft der hochsommerlichen Mitte des Jahres! Es wurde in einer der vorliegenden Studie vorangegangenen Arbeit (Wawrik 1954) mitgeteilt, daß hochalpine Ge-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wässer scharfe jahreszeitliche Aspekte ausprägen. Trifft man diese Gewässer nach der Schneeschmelze im Rahmen des Hochgebirgsfrühlings an, so bezeichnet man, wie die charakteristische Vegetation der Alpenmatten, auch jene der Wasserräume als Frühlingsvegetation. Mit Recht, denn sie ist die erste des Jahres. Aber sie ist unter völlig anderen Klimaverhältnissen zur Entwicklung gekommen als jene der Niederung. Findenegg (1947) hat nachfolgende Beziehung zwischen Temperatur- und Lichtanspruch der Algengesellschaften aufgezeigt:

	Schwachlichtformen	Starklichtformen
Kälteformen	Winterplankton	Frühjahrsplankton
Wärmeformen	Herbstplankton	Sommerplankton

Für Lebensgemeinschaften in Hochgebirgs-Kleingewässern hat dieses Schema nur modifiziert Geltung; im wesentlichen gibt es hier nur Starklicht-Wärme- und Schwachlicht-Kälteformen.

Verschiedene Autoren haben in letzter Zeit Beobachtungen mitgeteilt, nach welchen unter Eis große Volksdichten autotropher Organismen beobachtet worden sind. Höfler (1951) berichtet z. B. von quantitativ und qualitativ reichem Algenleben im Ramsauer Moor unter 110 cm dicker Eis- und Schneedecke. Es wurde allerdings nicht mitgeteilt, wie lange die lichtabschirmende Schneedecke über dem Eis gelagert hat. Herr Prof. Ruttner bezeichnet das Phytoplankton im Lunzer Untersee nach schneereichem Winter als relativ arm. Seinem Entgegenkommen danke ich die Einsichtnahme in Beobachtungsblätter, welche den Winteraspekt des Lunzer Obersees festhalten. Demnach wurden am 11. III. 1944 unter insgesamt 235 cm Schnee, Schnee- und Kerneis in 3—9 m Tiefe neben farblosen Flagellaten im Kubikzentimeter nur 2 Exemplare *Peridinium aciculiferum* (schlüpfende Zysten!) und in 12 m Tiefe maximal 20 Exemplare der mixotrophen *Euglena acus* gezählt. Es weisen daher nach monatelanger Dunkelheit die Wasserräume des Obersees (1117 m ü. d. M.) keine wie immer geartete Produktion rein autotropher Algen auf.

Im Herbstplankton der Arlberggewässer beobachtete die Verfasserin große Volksdichten an farblosen Flagellaten und Bakterien. Dieser Aspekt leitete zur Wintervegetation über. Wie sich diese in den Hochgebirgsgewässern gestaltet, ist wohl kaum beobachtet worden. Monatelang lasten über den Eisdecken 4—5 m hohe Schneemassen. Die Regenmeßstelle St. Christof/Arlberg meldete beispielsweise am 18. II. 1955 eine Gesamtschneehöhe von 510 cm! Der letzte Schneefall des Winters 1953/54 wurde am 5. VI. ver-

merkt! Solche Niederschlagsbeobachtungen machen verständlich, daß die Albona-Kleingewässer erst Mitte Juni eisfrei werden. Knapp nach Eisbruch ließ sich in den Keßel-Almtümpeln am 12. VII. 1953 nur sehr spärliche Vegetation nachweisen. Doch handelt es sich um Einzelbeobachtungen, die nicht verallgemeinert werden dürfen.

Die Lebensräume des Hochgebirges werden aus Kälte und Finsternis zu einer Jahreszeit erweckt, in der ihnen unvermittelt höchste Licht- und Wärmeenergie zustrahlt. Nach Eisbruch setzt daher eine explosive Entfaltung jener Wasserorganismen ein, die als Dauerformen den Winter überstanden haben. Klimatisch sind dafür optimale Voraussetzungen gegeben. Die Insolation ist zu dieser Zeit so kräftig, daß auch durchgreifende Witterungsumschläge rasch ausgeglichen werden. Völlig gegensätzlich liegen zum Vergleich die Verhältnisse in der Niederung. Hier fällt der Anstieg der Entwicklungskurve in die Monate April-Mai. Zu dieser Zeit können klimatische Rückschläge die Emporentwicklung der Frühlingsorganismen empfindlich stören. Der „hochsommerliche Bergwinter", der anfangs Juli 1954 das Arlberggebiet in eine Schneelandschaft verwandelte, hat die kräftige Entfaltung der Frühjahrsorganismen wenig gehemmt. Ausschwemmungen durch Schmelzhochwasser kommen in den meist abflußlosen Kleingewässern nicht in Frage. Als die Wegverhältnisse am 15. VII. 1954 eine Exkursion in das Albonagebiet erlaubten, wurde im Paßtümpel bei 4° C Oberflächentemperatur eine reiche Vegetation angetroffen.

Die ökologischen Verhältnisse des Biotops liegen parallel zu jenen des Albona-Moortümpels; die Besiedlung ist dementsprechend ähnlich. An die Faunenliste, die Pesta 1937 bekanntgegeben hat, schließen die Beobachtungen vom 15. bis 22. VII. 1954: *Cyclops serrulatus* vereinzelt; *Diaptomus* sp. in wenigen Jugendstadien; *Heterocope saliens,* der prächtig gefärbte silikotrophe Faunenbestand aller bisher untersuchten Arlberggewässer, vereinzelt; vorherrschend *Chydorus sphaericus; Macrothrix hirsuti corins,* bei Pesta typische Hochgebirgssee-Form, hier erstmalig im Arlberggebiet in einem Tümpelgewässer. Massenhaft, d. h. in jedem Präparat in einigen Exemplaren anwesend, ein Tardigrade aus der Macrobiotus-Gruppe. In Exuvien 3—5 Eier. Nematoden und Gastrotrichen zahlreich. Das Rotator *Cephalodella auriculata* (?) häufig zwischen verschiedenen Ciliaten, unter denen ein violettgefärbter *Stentor* sp. besonders auffällt. Als Ursache dieser Violettfärbung erwiesen sich in den Nahrungsvakuolen zahlreiche Purpurbakterien (*Lamprocystis roseo persicina*). Trotzdem Lam-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

procystis in den Schöpfproben kaum aufschien, muß sie doch die bevorzugte Nahrung dieses Wimpertierchens gebildet haben. Im Quetschpräparat zeigten die Purpurbakterien völlig normale und unversehrte Gestalt. Zur gleichen Zeit, wie im Albonapaß-Tümpel, gab es im Albona-Moorsee eine Massenentfaltung dieses Stentors. Ebenfalls violett gefärbt, belebte er die Schöpfprobe in Form ungezählter wirbelnder dunkler Pünktchen. Auch hier erwiesen sich die aus den Nahrungsvakuolen gequetschten Bakterien völlig unversehrt.

Eine Florenliste für den Albonapaß-Tümpel wird nicht beigegeben. Sie wäre jener des Albona-Moortümpels, die bereits 1954 publiziert worden ist, sehr ähnlich. Aber auf einige floristische Beobachtungen soll näher eingegangen werden. Den Juliaspekt beherrschten *Dinobryon sertularia, Closterium acutum*[2] und *Asterionella fibula.* Diese seltene Diatomee hat damit im Arlberggebiet hier ihren zweiten Standort. Sie scheint demnach Braunwässer mit starkem Makrophytenbewuchs zu bevorzugen. Vielleicht ist sie eine Schattenpflanze; vielleicht sagt ihr auch der Saprobiegrad, den faulende Wasserpflanzen verursachen, besonders zu.

Die für den Frühjahrsaspekt im Albona-Moortümpel kennzeichnende *Glaucocystis nostochinearum* ist im Albonapaß-Tümpel nur sporadisch in ausgebleichten, unansehnlichen Exemplaren. Desmidiaceen sind mit vereinzelten Penien, Staurastren und Closterien vertreten. Schon im Juli präsentiert sich der Paßtümpel als polysaprobes Gewässer. Ein Beweis hierfür sind nicht nur die zahlreichen Pilzhyphen (Hyphomycet?) in jedem Präparat, sondern auch der starke Pilzbefall an Closterien. Merkwürdigerweise sind davon nur zwei Arten betroffen: *Closterium striolatum* und *Closterium ulna.* Es ist bekannt, daß die *Chytridiae Ancylistis Closterii* ganze Vegetationen vernichtet. Canter berichtet (1947) von *Myzocytium Megastomum,* das ebenfalls Closterien befällt. In unserem Fall dürfte es sich um *Myzocytium proliferum* handeln. Die Befallsbilder stimmen gut mit jenen überein, die Kolkwitz-Jahn I., S. 428, in Abb. 2 a bringen. Beigegebene Abbildung 2 zeigt an *Closterium striolatum* sieben Befallsstellen. Der Pilz hat die Chloroplasten stark deformiert. *Cl. ulna* dagegen weist eine Stauchung der Chloroplasten auf, wodurch diese gegen die Apices gedrängt werden.

[2] Die Suche nach dem im 1. Teil dieser Arbeit im Albona-Moortümpel erwähnten Closterium mit Membranverdickungen blieb bisher erfolglos. Inzwischen hat Herr Dr. J. Ruzicka, Třebon (Č. S. R.), in dankenswerter Weise mitgeteilt, daß solche Membranstrukturen bei verschiedenen Closterien beobachtet werden und taxonomisch nicht weiter von Bedeutung sind.

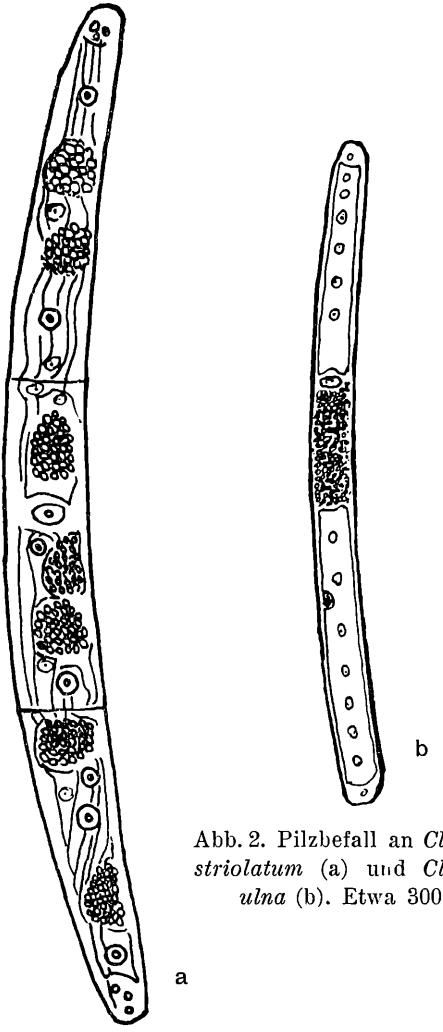

Abb. 2. Pilzbefall an *Closterium striolatum* (a) und *Closterium ulna* (b). Etwa 300fach.

Eine am 10. IX. 1954 aus der Oberfläche des Albonapaß-Tümpels geschöpfte Probe enthielt eine interessante Algengesellschaft. Massenhaft: *Gomphosphaeria lacustris* und *Botryococcus Braunii*. Zahlreich: *Mallomonas akrokomos*; die Form ist auffallend lang und schmal. Bei maximal 62,5 μ Länge erreicht sie nur eine Breite von 5—6 μ. Sie steht damit der von Schiller beobachteten eutrophen Donauwasser-Form, die maximal 52 $\times$ 13 μ

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

mißt, näher als der oligotrophen Form der Alpenseen, die nur 28,8 × 6,4 μ erreicht. Die Vermutung, daß bei *Mallomonas akrokomos* Wachstum mit Trophie korreliere, findet im Falle des Albonamaterials eine Bestätigung. Unter verschiedenen farblosen Flagellaten war besonders die katharobe *Desmarella moniliformis* in zweizelligen Kolonien häufig. Zahlreich, aber nicht näher bestimmbar, war eine Monade, in welcher Herr Prof. Schiller nach persönlicher Aussprache ein farbloses *Kephyrion* vermutet, bei dem man offenbar auch eine Gehäusevariation beobachtet. Es wird versucht werden, in der kommenden Vegetationsperiode neuerliche Proben daraufhin zu studieren. In keinem Blickfeld des Präparates fehlte eine längsovale zartwandige Peridineencyste, hellgrün mit sattbraunem Karotinfleck, der nach einer Aussage Herrn Prof. Schillers auf eutrophes Substrat deutet; in einer der drei Vakuolen regelmäßig lebhafte Molekularbewegung. *Asterionella fibula* war auch in der Herbstprobe nicht selten.

Besonderes Interesse erregte eine geißellose, rhizopodiale Monade, solitär oder in wenig regelmäßigen Verbänden. Habituell ähnelt der Organismus der *Amphimonadacee Spongomonas uvella*, doch ist er freischwimmend. Die Monade mißt im Durchmesser 3—4 μ, vor der Teilung erreicht sie jedoch die doppelte Größe; in der ziemlich weiten Gallerthülle zahlreiche „Körnchen", die nach Mitteilung Herrn Prof. Skujas vielfach als „Exkretkügelchen" angesprochen werden. Meine eigene Beobachtung, daß sie aus dem Zellkörper ausgeschieden werden, spräche dafür. Es besteht aber auch die Auffassung, daß es sich um bakterielle Symbionten handeln könnte; Cholodny vermutet sogar Eisenbakterien. Die bisweilen beobachtete Braunfärbung dieses „Körnchen" wird jedoch nicht durch eine Fe-Speicherung verursacht. Die mehrmals versuchte Berliner Blau-Probe verlief immer negativ. Der Organismus vermehrte sich in der Rohkultur im Eisschrank bei einer Temperatur von 4° C ins massenhafte. Die „Körnchen" sind Grampositiv und färben sich kräftiger als die Monade. Mit J—JK erzielt man eine scharfe Differenzierung, die besonders im Phasenkontrast eindrucksvoll erscheint. Färbung mit Gentianaviolett gelingt ebenfalls. Der Organismus wurde in schwedischen Gewässern mehrfach beobachtet und wird von Herrn Prof. Skuja bearbeitet.

IV. Die Lebensgemeinschaft des schmelzenden Eises.

Das eindrucksvollste Erlebnis der Arlbergexkursion des Sommers 1954 war die Vegetationsfärbung des schmelzenden Eises durch Eisenbakterien.

Seit 1880 sind Sestonfärbungen vielerorts, besonders aber in den Nordländern (Wittrock, Lagerheim, Berggren, Bohlin u. a.), in den Alpen (Chodat, Suchlandt, Armieux, Kol u. a.) und Karpathen (Kol) beobachtet und studiert worden. Huber-Pestalozzi (1902) bringt eine zusammenfassende Darstellung der damals bekannten Kryovegetationen und erwähnt als Ursache des „Braunen Schnees" lediglich das kleine *Mesotaenium Nordenskiöldi*. E. Kol gibt (1949) eine ausführliche Darstellung der Vegetationsfärbungen des Eises. Nur mit wenigen Worten erwähnt sie den „durch unermeßliche Mengen von Eisenbakterien braungefärbten Schnee in den Schweizer Alpen und Karpathen".

Im österreichischen Raum hat Schiller (1926) über den thermischen Einfluß und die Wirkung des Eises auf die planktonischen Herbstvegetationen der Donau-Altwässer und neuerlich (1954) über winterliche Eis- und Schneebreiflora am Neusiedler See berichtet. Vegetationsfärbungen wurden nicht beobachtet. Die ökologischen Grundlagen der Kryovegetation der Niederung sind andere als jene des Hochgebirges. 1930 entdeckte Redinger im Lunzer Obersee (1117 m ü. d. M.) zur Zeit der Schneeschmelze auf der Wasseroberfläche schwimmend die neustische Fe-Mikrobe *Siderocapsa coronata*. Im Juli des Jahres 1953 konnte die Verfasserin mit Beginn des Eisbruches am Keßel-Almtümpel (2140 m ü. d. M.) im Arlberggebiet braune Flocken von Eisenbakterien beobachten. Der Fund war nicht auffallend und genügte nicht zum genaueren Studium dieser Mikroben. Die Klimaverhältnisse des Jahres 1954 begünstigten offenbar die neuerlichen Beobachtungen. Beim Aufstieg zum Keßel fielen schon von fernher die bis zu 90% mit Schnee und Eis bedeckten Tümpel im Arlensattel wegen ihrer orangerotbraunen Färbung auf. Die Keßel-Almtümpel zeigten ebenfalls dieses eindrucksvolle Phänomen. Eine Wanderung in das Albonagebiet bot dieselbe Überraschung. Auf dem Weg vorbei an den Erzlöchern[3] fanden sich dort, wo das Grundwasser den verfallenen Stollen mächtig entströmte, hart am Rande des schmelzenden Schnee-Eises, rotorangefarbene Ausbisse von Eisenmikroben. Ähnliche Erscheinungen waren auf der Wanderung längs des Südhanges der Maroi-Alpe in das Maroi-Kar zu beobachten. Am Abstieg von den Karseen zum Albonapaß liegt ein Bachtümpel. Sein vereister Ufersaum stach leuchtend orangerot gegen das kalte Weiß des Schnees und das zarte Violett des Soldanellenrasens ab. Der Albonapaß-Tümpel war am Flachufer $^1/_2$ m

[3] Im Gebiet ist seit 1523 Bergbau nachgewiesen. Während des ersten Weltkrieges wurde in den Erzlöchern nach Wolframit gegraben.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

breit von einer rotbraunen und teilweise anschließend schwarzen Vegetationsfärbung gerahmt. Es sei bemerkt, daß die besprochenen Vegetationsfärbungen immer im Kontakt mit dem Schmelzwasser des Ufersaumes der Tümpelgewässer oder in seltenen Fällen — kleine Ausbisse am Rande des schmelzenden Schnee-Eises — im Kontakt mit dem feuchten Boden beobachtet worden sind. Auf freien Schneeflächen wurde keine Kryovegetation von Eisenmikroben wahrgenommen. Eine nähere Beschreibung dieses Phänomens ist in der Literatur kaum zu finden. Dies mag einen doppelten Grund haben. Zur Zeit der Schneeschmelze steigen nicht allzuviele Wanderer ins Hochgebirge. Außerdem dauert die Vegetationsfärbung durch Fe-Mikroben nur wenige Tage. Man muß Glück haben und zur rechten Zeit kommen. Die physiologische Grundlage der Erscheinung ist diese: Bei Sauerstoffschwund unter der Eisdecke ist im Wasser zweiwertiges Ferro-Bikarbonat gelöst. Im Augenblick des Eisbruches und Zutrittes von O_2 wird massenhaft dreiwertiges Ferri-Hydroxyd ausgefällt (Ruttner 1953). Durch die rasch fortschreitende Schneeschmelze im Hochgebirge wird das Phänomen in wenigen Tagen ausgelöscht. Merkwürdig erscheint die Tatsache, daß sich um die Flachufer (!) der Tümpelgewässer ein bis zu $^1/_2$ m breiter Saum von Eisenbakterien zieht. Hierfür wird folgende Deutung versucht: Eisschluß erfolgt in den ersten September-Frostnächten. Handelt es sich um perennierende Tümpelgewässer, so wächst die Eisdecke, solange sich keine kälteabschirmende Schneeschichte darüber breitet. Fällt aber in niederschlagsreichen Wintern bald, solange die Eisdecke dünn ist, oder später sehr viel Schnee, so muß die Eisdecke unter ihrer Last bersten. Das Wasser mitsamt den Eisenmikroben wird über den Flachufersaum hinausgepreßt. Tritt zur Zeit der Schneeschmelze Luftsauerstoff dazu, so ist die Möglichkeit einer Eisenausfällung gegeben. Der Winter 1952/53 war verhältnismäßig schneearm. Es gab damals keine Vegetationsfärbung durch Fe-Mikroben. Der schneereiche Winter 1953/54 brachte dieses Phänomen an allen Tümpelgewässern des Arlbergs. Bei Eisbruch ergab der Gesamteisennachweis an diesen Gewässern folgende Werte: Maiensee 0,04 mg/l; Albonapaß-Tümpel 0,11 mg/l; Keßel-Almtümpel 4.00 mg/l; letztere Tümpel liegen im eisenschüssigen Verrucano. Die Wasserstoffionenkonzentrationen in den genannten Gewässern schwankten zwischen kräftig sauer bei p_H 4.5 in den Tümpeln am Arlensattel bis alkalisch bei p_H 8,5 in den Keßel-Almtümpeln. In jedem Fall bildete die Mikrobengesellschaft eine reine Biozönose nach dem zweiten biozönotischen Grundgesetz, die Biozönose des schmelzenden Eises. In dem Maße, als die ökologischen

Verhältnisse von der Norm abweichen, beschränkt sich die Artenzahl und wächst der Individuenreichtum der vorhandenen Species. In unserem Fall wird die Biozönose folgendermaßen begründet: 1. Sauerstoffschwund; 2. Ferrobikarbonat in Lösung; 3. plötzlicher O_2-Zutritt bei Eisbruch. Die reine Biozönose umfaßt nur Eisenbakterien. Den Hauptanteil an der Massenvegetation haben zwei neue, habituell kaum voneinander unterscheidbare Fe-Mikroben: *Sideroderma dubium* und *Siderocapsa arlbergensis*. Erst nach Behandlung der vererzten Bakterien mit HCl wird ihre Gattungs- und Artzugehörigkeit klar. Die planktische *Sideroderma dubium* ist in schwedischen Gewässern nicht selten und wird von Herrn Prof. Skuja bearbeitet. Die neue, ebenfalls planktische *Siderocapsa* wird in einer eigenen Publikation in der Österr. Botan. Zeitschr. von der Verfasserin beschrieben werden. Sie sei dem Erlebnis des Arlberges gewidmet. An der besprochenen Vegetationsfärbung im Arlberggebiet haben noch folgende Eisenorganismen Anteil: *Siderocapsa coronata* Redinger, eingesprengt; *Siderocapsa major* Molisch, häufig; *Siderocapsa eusphaera* Skuja, häufig in homogenen, durch verschieden starke Fe-Einlagerung geschichtet erscheinenden, weiten Gallerthüllen von braungelber Färbung. Skuja (1948) hat diese Mikrobe aus dem Hypolimnion schwedischer Seen beschrieben. Sie findet sich im Arlberggebiet in allen Almtümpeln. *Sideromyces glomerata* Naumann, in weiten Gallertverbänden, zahlreich. *Siderocystis minor* Naumann, ebenso häufig in allen Proben wie *S. vulgaris* Naumann. *Leptothrix discophora* Dorff und *L. ochracea* Kützing, massenhaft. *Galionella ferruginea* Ehrenberg und *G. major* Cholodny, häufig in den Proben vom Keßel-Almtümpel. Es möge vermerkt sein, daß am Rande der Eisdecke des Keßel-Almtümpels stellenweise die rotorangefarbenen Zoogloeen der Fe-Mikroben in ganz charakteristisch ausgeschmolzenen Höhlungen und Rinnen des Eises massenhaft lagerten oder im Schmelzwasser schwammen. Offenbar absorbieren die rotorange Farbstoffe beträchtliche Wärmemengen. Mit dieser gespeicherten Energie schmelzen sie das sie umgebende Eis (Abb. 3). Am Ausrinn des Keßel-Almtümpels, wo der Schnee schon weggeschmolzen war, sedimentierten ungeheure Mengen von Eisenbakterien bereits dunkelbraunen Ocker in 1,2 bis 1,5 cm dicken Schichten.

Als vereinzelte Begleiter dieser Bakteriengesellschaft scheinen folgende Kryobionten auf: *Scotiella nivals*, in allen Proben vereinzelt; *Chlamydomonas nivalis*, das „rote Schneekügelchen", nur im Ruhestadium, in den Proben vom Albonapaß-Tümpel; daselbst auch ein nicht näher bestimmbarer *Ankistrodesmus* sp. ziemlich häu-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

fig. *Chionaster nivalis* und seine Sporen, selten und nur in den Proben vom Albonapaß-Tümpel. In allen Proben vereinzelte *Anabaena*-Trichome. Als echte Kryobionten stellen obige Formen wahrscheinlich nur Zufallserscheinungen in der Gesellschaft der Eisenmikroben dar. Herr Prof. Skuja teilte mir nach Durchsicht eines Präparates mit Eisenmikroben vom Keßel-Almtümpel mit, er habe *Scotiella nivalis* erstmalig in dieser Assoziation gesehen[4].

Es bleibt nun noch die Erscheinung des Schwarzen Schnees zu besprechen, der sich am Albonapaß-Tümpel fand. Es handelt sich dabei um die von O. Steinböck (1936) in ausführlicher Weise behandelten Beobachtungen, die schon seit 1870 von

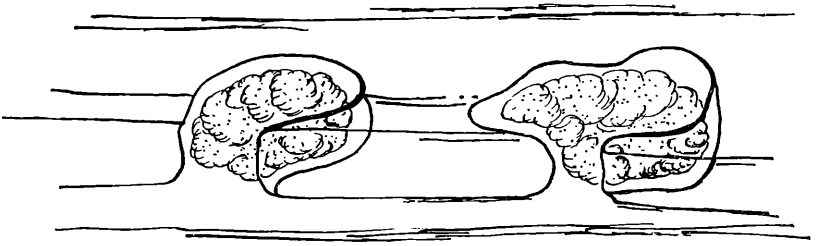

Abb. 3. Durch Fe-Bakterien-Zoogloeen ausgeschmolzene Hohlräume am Rande der Eisdecke des Keßel-Almtümpels. 1 : $^2/_3$.

Nordenskiöld, Jensen, Nansen, Drygalsky u. a. beschrieben worden sind. Am Südrand des Tümpels lagerte anschließend an dem braunen Streifen, den Eisenmikroben bewohnten, grauschwarzes Schnee-Eis mit vielen kleinen Kryokonitlöchern. Kryokonit ist Sediment aus anorganischem und organischem Detritus, vermehrt durch kosmischen Staub. Wir wissen, daß in der Höhensonne Pflanzen- und Tierreste rasch karbonisiert werden. Es überrascht daher nicht, wenn sich dieser Kryokonit unter dem Mikroskop in tiefschwarze opake Flocken auflöst. Im Kryokonit finden nicht nur heterotrophe Organismen — Colembolen! — ihren Gedeihbereich. Neben *Chionaster nivalis*, vereinzelt mit Aplanosporen, fand sich auch ein autotropher Organismus nicht allzu selten: Cysten einer Chrysomonade. Bei einem durchschnittlichen p_H von 5,6, den Kol in vielen Messungen für Schnee und Schnee-Eis erhalten hat, finden autotrophe Protisten, die an die

[4] Ich darf an dieser Stelle Herrn Prof. H. Skuja (Uppsala) für mehrfache Beratung und vor allem für die Verifikation der Eisenbakterien herzlichst danken.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Temperatur des Eises angepaßt sind, günstige Lebensbedingungen: das Schmelzwasser, das sie umgibt, ist wegen seiner niedrigen Temperatur reich an CO_2 und O_2. Bei der im Hochgebirge wirksamen Lichtenergie sind daher alle Voraussetzungen für hinreichende Assimilationsmöglichkeit geboten.

Zusammenfassung.

Die Arlbergexkursion vom 10. bis 30. Juli 1954 brachte folgende Ergebnisse:

1. Beobachtungen in den Abflüssen des Albonapaß-Sees und Maiensees ergaben durch Bachschwinden und Zufluß kalter Gerinne einerseits mit der Entfernung vom Ursprung beachtliche Temperaturabnahmen, anderseits durch kräftige Insolation im unbeschatteten Gelände auffallende Temperaturzunahmen. Die maximale Tagesamplitude lag bei heiterem Sommerwetter um 13,5° C.

2. Der Albonapaß-See, ein Grundwasseraufstoß am Rande einer Blockmoräne, vermittelt mit seinem kristallklaren, blauen Wasser ein für Urgebirgsseen etwas ungewöhnliches Bild. Offenbar fehlen Humussubstanzen nahezu vollkommen, so daß die (blaue) Eigenfarbe des Wassers in Erscheinung treten kann. Die Besiedlung des Gewässers war nach der Schneeschmelze geringfügig.

3. Der benachbarte Albonapaß-Tümpel ist ein für die Urgebirgslandschaft kennzeichnender Braunwasserbiotop. Er erreicht nach Eisbruch innerhalb einer Woche Temperaturen um 20° C. Die mittsommerliche Sonnenenergie bedingt diesen steilen Temperaturanstieg und eine explosive Entwicklung der Wasserorganismen des Hochgebirges. Diese erweisen sich als Starklicht-Wärme- und Schwachlicht-Kälteformen. Die Besiedlung ist ähnlich jener des Albona-Moortümpels. Frühjahrsaspekt: *Dinobryon sertularia, Closterium acutum, Asterionella fibula.* Im Sommeraspekt massenhaft Desmidiaceen. Herbstproben enthielten neben *Gomphosphaeria lacustris* und *Botryococcus Braunii, Mallomonas akrokomos*, viele farblose Flagellaten, darunter eine interessante freischwimmende, geißellose rhizopodiale Monade.

4. Die Lebensgemeinschaft des schmelzenden Eises wurde von zahllosen Fe-Mikroben gebildet. In der Hauptsache verursachten zwei neue Eisenbakterien, *Siderocapsa arlbergensis* und *Siderodermа dubium*, auffallende Vegetationsfärbungen zur Zeit des Eisbruchs. Als Begleiter wurden verschiedene Kryobionten beobachtet. Auch das Phänomen des Schwarzen Schnees trat im Arlberggebiet in Erscheinung.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

5. Von faunistischen Beobachtungen verdienen Massenentwicklung von Bärentierchen im Frühjahrsaspekt und Auftreten von *Macrothrix hirsuticornis* als Tümpelform vermerkt zu werden.

Auch diesmal diente das Bundes-Sportheim St. Christof als Standort. Seinem Leiter, Herrn Prof. St. Kruckenhauser, sowie der Beschließerin des Hauses, Frau K. Niedermüller, sei für das hilfsbereite Entgegenkommen der wärmste Dank ausgedrückt.

Literaturverzeichnis.

Canter, H., 1947: On Myzocytium Megastomum de Wildeman. Transactions of the British Mycological Society, Vol. 31, P. 1/II.

Dorff, P., 1934: Die Eisenorganismen. Verlag G. Fischer, Jena.

Eckel, O, 1953: Zur Thermik der Fließgewässer: Über Änderung der Wassertemperaturen entlang des Flußlaufes. Wetter u. Leben, Wien. 2. Sonderheft: Beiträge zur Limnologie der Wienerwaldbäche. Von G. Pleskot.

Findenegg, I., 1947: Über Lichtansprüche planktischer Süßwasseralgen. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wissensch. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, Bd. 155, H. 5—7. Springer-Verlag, Wien.

Höfler, K., 1951: Zur Kälteresistenz einiger Hochmooralgen. Verhandl. d. Zoolog.-Bot. Gesellsch, Bd. 92, Wien.

Huber-Pestalozzi, G., 1926: Die Flora von Schnee und Eis. Aus: Das Pflanzenleben d. Alpen. Schroeter, Zürich.

Hug, J., 1949: Das Grundwasser der Schweiz. Verhandlungen d. Int. Vereinigung f. Limnologie, Bd. X. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Kol, F., 1949: Vergleich der Kryovegetation der Alpen und Karpathen. Verhandlungen d. Int. Vereinig. f. Limnologie, Bd. X. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Kolkwitz, R., Jahn F., 1915: Pilze I. Verlag Borntraeger, Leipzig.

Pleskot, G., 1951: Wassertemperatur und Leben im Bach. Wetter u. Leben, 3. Jg., H. 5—7, Wien.

Pomeisl, E., 1953: Der Mauerbach. Wetter u. Leben, Wien. 2. Sonderheft: Beiträge zur Limnologie der Wienerwaldbäche. Von G. Pleskot.

Redinger, K., 1931: Siderocapsa coronata Redinger. Archiv f. Hydrobiologie, Bd. 22. Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.

Ruttner, F., 1953: Grundriß der Limnologie. 2 Aufl. W. de Gruyter, Berlin.

Schiller, J., 1926: Der thermische Einfluß und die Wirkung des Eises auf die planktonischen Herbstvegetationen in den Altwässern der Donau. Archiv f. Protistenkunde. Verlag Fischer, Jena.

— 1954: Über pflanzliche winterliche Bewohner des Wassers, Eises und des daraufliegenden Schneebreies. I. Österr. Botan. Zeitschrift, Bd. 101, H. 3. Springer-Verlag, Wien.

Skuja, H, 1948: Taxonomie des Phytoplanktons einiger Seen in Uppland, Schweden. Lundequistska Bokhandeln, Uppsala.

Steinböck, O., 1936: Über Krykonitlöcher und ihre biologische Bedeutung. Zeitschr. f. Gletscherkunde, Bd. 24. Verlag Borntraeger, Berlin.
Wawrik, F., 1953: Grundwasserstudien. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, Bd. 161, H. 8. Springer-Verlag, Wien.
— 1954: Limnologische Studien an Hochgebirgs-Kleingewässern im Arlberggebiet. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Wien, math.-nat. Kl., Abt. I, Bd. 163, H 4/5. Springer-Verlag, Wien.
— 1955: Im Druck: Die Seebachlacke. Jahrbuch des Vereines f. niederösterr. Landeskunde. Verlag Berger, Horn, N.-Ö.
— 1955: Im Druck: Siderocapsa arlbergensis Wawrik. Österr. Botan. Zeitschr. Springer-Verlag, Wien.
Weimann, R., 1923: Hydrobiologische und hydrographische Untersuchungen an zwei teichartigen Gewässern. Beihefte zum Bot. Zentralblatt, Bd. 51, H. 2. Verlag Heinrich, Dresden.